

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

POLIANA DE OLIVEIRA FELIPE

**A APLICAÇÃO DE PESQUISA OPERACIONAL NA
IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS NO CICLO DE
DESCARREGAMENTO DE MADEIRA: ESTUDO DE CASO
EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE CELULOSE**

Governador Valadares

Junho de 2017

POLIANA DE OLIVEIRA FELIPE
polianafelipeifmg@gmail.com

**A APLICAÇÃO DE PESQUISA OPERACIONAL NA
IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS NO CICLO DE
DESCARREGAMENTO DE MADEIRA: ESTUDO DE CASO
EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE CELULOSE**

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia de Produção do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas
Gerais como parte dos requisitos para a
obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Orientador: Neuber Samy Ferreira de Souza

Coorientador: Guido Pantuza Júnior

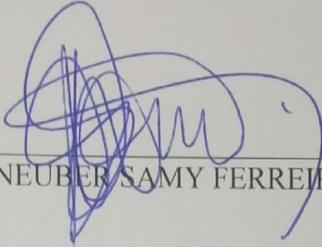
Governador Valadares

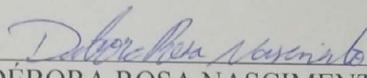
Junho de 2017

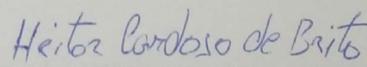


ATA DE DEFESA

Aos 23 dias do mês de junho de 2017, às 21:00, na sala de Desenho técnico e Cartografia deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso elaborado pela aluna POLIANA DE OLIVEIRA FELIPE, intitulado A APLICAÇÃO DE PESQUISA OPERACIONAL NA IDENTIFICAÇÃO DE GARGALHOS NO CICLO DE DESCARREGAMENTO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE CELULOSE, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores NEUBER SAMY FERREIRA DE SOUZA, DÉBORA ROSA NASCIMENTO, HEITOR CARDOSO DE BRITO. A comissão examinadora deliberou pela APROVAÇÃO da aluna, com a nota 88. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pela aluna.


Orientador: NEUBER SAMY FERREIRA DE SOUZA


DÉBORA ROSA NASCIMENTO - IFMG


HEITOR CARDOSO DE BRITO - IFMG


Aluna: POLIANA DE OLIVEIRA FELIPE

TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “A aplicação de pesquisa operacional na identificação de gargalos no ciclo de descarregamento de madeira em uma empresa fabricante de celulose: Estudo de caso” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

Governador Valadares, 05 de junho de 2017.



Poliana de Oliveira Felipe

Dedico a todos que me
apoiaram nesta conquista, em
especial à minha família e
amigos, minha maior
motivação.

AGRADECIMENTOS

George Adams escreveu que "todos temos momentos brilhantes, e a maioria deles são graças ao estímulo de outra pessoa". E, sem dúvidas, será esta uma ocasião eterna em minha memória, ao lado de pessoas incríveis.

A todos os meus mestres, meu profundo agradecimento por compartilhar conosco seus conhecimentos, em especial ao meu orientador Neuber Samy e coorientador Guido Pantuza, assim como Débora Nascimento, Heitor Cardoso de Brito e Djalma Rangel.

A minha família, pela motivação do "Melhor". E aos meus amigos pelas experiências extraordinárias.

Aos colegas de sala, minha infindável admiração a todos. Tivemos a melhor turma!

*“Que os vossos esforços
desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes
coisas do homem foram
conquistadas do que parecia
impossível.”*

Charles Chaplin

RESUMO

FELIPE, Poliana de Oliveira. A aplicação de Pesquisa Operacional na identificação de gargalos no ciclo de descarregamento de madeira: Estudo de caso em uma empresa fabricante de celulose, 2017. (Graduação em Engenharia de Produção). Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Governador Valadares.

Este trabalho é resultado de um estudo desenvolvido em uma empresa produtora de celulose de fibra curta branqueada, na região do Vale do Aço, no leste de Minas Gerais, com o objetivo de propor uma solução viável, que traga melhorias operacionais e financeiras, ressaltando os benefícios de sistemas de simulação nas tomadas de decisões por parte dos gestores. A metodologia adotada é a determinação do modelo através da análise dos dados e da simulação computacional. As conclusões foram desenvolvidas a partir dos resultados gerados dos relatórios do *software* de simulação Arena, que possibilitou a identificação do gargalo durante os procedimentos, indicando possibilidades de melhoria.

Palavras-chave: Logística, Simulação computacional, Tomada de decisão, Planejamento.

ABSTRACT

This work is the result of a study carried out at a bleached hardwood pulp company, in the Vale do Aço region, in eastern Minas Gerais, with the objective of proposing a viable solution that brings operational and financial improvements, highlighting the benefits of simulation systems in decision-making by managers. The methodology adopted is the determination of the model through data analysis and computational simulation. The conclusions were developed from the results generated from the reports of the Arena simulation software, which enabled the identification of the bottleneck during the procedures, indicating possibilities for improvement.

Key-words: *Logistic, Computational simulation, Decision making, Planning.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Fluxograma das atividades adotadas	33
Figura 02	Representação de um ciclo logístico de estudo	39
Figura 03	Fluxograma sequenciamento de atividades	41
Figura 04	Modelo de representação de um ciclo logístico da empresa Celulose	46
Figura 05	Representação da repetição do ciclo	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Tipos de modais de transporte.	23
Quadro 02	Comparativo entre os tipos de modais de transporte.	24
Quadro 03	Técnicas de modelagem da ciência de gerenciamento	27
Quadro 04	Distribuições estatísticas utilizadas no Arena	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 Processos com maior fila no estudo de caso Celulose

48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Expressões utilizadas em cada processo com base no <i>Input Analyser</i>	44
Tabela 2	Processos e recursos presentes no modelo Celulose	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

DELOD	Departamento de Logística e Desenvolvimento	17
OPL	Operadoras de Serviços Logísticos	17
PO	Pesquisa Operacional	18
TI	Tecnologia da Informação	22
HA	HECTARES	37
SBAL	Sistema de Balança	42
NTM	Nota de Transporte de Madeira	42
RPV	Relação Peso Volume	42
FE	Fator de Empilhamento	42
CTF	Controle Total de Frota	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO AO ESTUDO	16
1.1	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	17
1.2	JUSTIFICATIVA.....	18
1.3	OBJETIVOS.....	19
1.3.1	Objetivo Geral	19
1.3.2	Objetivos Específicos	19
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	LOGÍSTICA.....	21
2.2.1	Operações de Transporte	22
2.2.1.1	Modais de Transporte	23
2.2.	TOMADA DE DECISÃO	24
2.3	PESQUISA OPERACIONAL.....	26
2.3.1	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	26
2.3.1.1	Vantagens e desvantagens da Simulação.....	29
3.	METODOLOGIA	32
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	32
3.3	METODOLOGIA DO PROJETO DE PESQUISA.....	33
4	ESTUDO DE CASO	37
4.1	TRANSPORTE DE MADEIRA NA EMPRESA CELULOSE.....	37
4.1.1	Processo de Movimentação de Madeira	40
4.2	ELABORAÇÃO DO MODELO	43
4.2.1	Formulação do Modelo conceitual	43
5	RESULTADOS E ANÁLISES	49
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	50
	REFERÊNCIAS	51

ANEXO A	54
ANEXO B	63
ANEXO C	64

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo busca a contextualização e norteamento da questão abordada neste trabalho e faz uma introdução à técnica a ser utilizada, a simulação por computador. Por fim, ele apresenta os objetivos que norteiam este estudo.

Vivemos em uma civilização em que predominam atividades relacionadas à produção de bens ou prestação de serviços, que por sua vez são planejadas e executadas pelas organizações, utilizando habilidades conceituais, técnicas e humanas.

Administração é a maneira de governar organizações ou parte delas. É o processo de planejar, organizar, dirigir e controlar o uso de recursos organizacionais para alcançar determinados objetivos de maneira eficiente e eficaz (CHIAVENATO, 2003, p. 22).

A logística é uma área da administração que abrange todo o planejamento de distribuição e abastecimento das companhias. Segundo Bertaglia (2009, p. 292):

A logística corresponde à movimentação de bens e serviços de seus pontos de origem aos pontos de uso ou consumo. A atividade de transporte gera os fluxos físicos destes bens ou serviços ao longo dos canais de distribuição, e é responsável pelos movimentos de produtos, utilizando modalidades de transporte que ligam as unidades físicas de produção ou armazenagem até os pontos de compra ou consumo. (BERTAGLIA, 2009)

O transporte de cargas é o principal componente dos sistemas logísticos das empresas e representa, em média, 64% dos custos logísticos, 4,3% do faturamento, e em alguns casos, mais do que o dobro do lucro (FLEURY; WANKY; FIGUEIREDO, 2000; BOWERSOX; CLOSS; STANK, 1999 *apud* FLEURY; WANKE, 2006).

Para que a logística seja efetiva e bem executada, existem os modais de transporte: rodoviário, ferroviário, marítimo, aéreo, hidroviário e dutoviário. Para Bertaglia (2009, p. 297):

O transporte rodoviário é o mais independente dos transportes, uma vez que possibilita movimentar uma grande variedade de materiais para qualquer destino, devido à sua flexibilidade, sendo utilizado para pequenas encomendas, e curtas, médias ou longas distâncias, por meio de coletas e entregas ponto a ponto. Ele faz a conexão entre diferentes modos de transporte e os seus respectivos pontos de embarque e desembarque. Sua grande desvantagem é o custo do frete, o que faz com que outros meios de transporte comecem a ser mais competitivos. (BERTAGLIA, 2009)

Devido a facilidade no transporte entre o local de colheita e o local de descarga, o modal rodoviário é o principal meio para empresas atuantes no setor agrícola, incluindo

empresas fabricantes de celulose, que engloba a organização em estudo neste trabalho: Celulose¹.

A Celulose é uma empresa fabricante de celulose de fibra curta branqueada, situada no leste do estado de Minas Gerais. A companhia possui uma vasta abrangência na área de logística, devido ao controle de toda a produção de sua matéria-prima (desde a muda até a colheita).

Para que tais operações sejam bem geridas e controladas, a empresa possui um departamento específico para tal demanda, denominado DELOD (Departamento de Logística e Desenvolvimento). Por ser considerada uma área de extrema importância para o andamento da fábrica (responsável pela matéria-prima utilizada na produção), qualquer planejamento errôneo pode causar problemas de grande proporção na companhia.

A tomada de decisão de um gestor pode sofrer diversas interferências, que muitas vezes passam despercebidas. Segundo Angeloni (2003), “no processo de decisão é importante ter dados, informações e conhecimentos, mas esses estão normalmente dispersos, fragmentados e armazenados na cabeça dos indivíduos”. Para tanto, apresenta-se como recurso dessa variabilidade, a utilização de *softwares* com o intuito de minimizar erros. Através da simulação computacional o gestor consegue visualizar seu problema de uma forma mais clara e precisa.

Existem diversos sistemas de simulação que possibilitam o estudo de estratégias, antes mesmo de serem implementadas. Durante o trabalho serão apresentadas algumas ferramentas de análise e *softwares* para simulação computacional.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A Celulose é a própria fabricante de sua principal matéria-prima, que possui a variante de produção relativamente grande, em média de seis anos para que a matéria possa ser extraída - ponto de corte ideal do eucalipto. Logo, sua produção deve ser calculada previamente em um plano de ação a médio e longo prazo e sua logística realizada alinhando diversos setores e apreciações.

A fim de tornar o processo mais eficaz, a Celulose trabalha em parceria com Operadoras de Serviços Logísticos (OPL's). São empresas especializadas no transporte do

¹ Nome fictício, a fim de preservar a empresa.

material em questão, e com equipamentos e veículos próprios para tal. Seu controle interno é realizado através do sistema Painel de Estadia², sendo possível controlar o tempo de descarregamento dos caminhões.

As OPL's são responsáveis por cumprir, no mínimo, 70% (setenta por cento) da programação da Celulose. Caso não cumpram, é de responsabilidade da contratada pagar uma multa por não cumprimento integral do contrato.

Em contrapartida, a Celulose também possui regras a serem cumpridas, dentre elas: caso o veículo não seja liberado, afora em casos excepcionais (como acidentes em estrada, tempo chuvoso, dentre outros), em um tempo máximo de duas horas no interior da fábrica, a empresa é responsável por reembolsar a OPL um valor predeterminado por contrato.

O processo em análise consiste somente no ciclo de operações no interior da fábrica: Entrada dos Veículos, Pesagem inicial, Conferência de carga, Descarregamento, Limpeza, Abastecimento, Pesagem final e Saída.

Por se tratar de uma área abrangente, torna-se necessário um minucioso controle das operações logísticas e das estratégias adotadas. Para tanto, acredita-se que os *softwares* de simulação computacional são ferramentas eficientes que auxiliam a tomada de decisão de um gestor, desde que bem aplicados.

A fim de identificar filas no processo e indicar possíveis soluções, facilitando a tomada de decisão do gestor, estudou-se o caso com a utilização de sistemas computacionais, tendo como hipótese inicial de que a atividade que gera atraso no ciclo é o Descarregamento, por ser a atividade principal e demandar maior tempo, gerando a seguinte pergunta: É possível encontrar a área que gera maior fila no sistema observado, utilizando-se sistema de simulação computacional, objetivando a eliminação de multas por atraso no processo?

1.2 JUSTIFICATIVA

É perceptível o crescimento do uso da tecnologia no nosso dia-a-dia. Dentro da administração, nota-se um crescente investimento em *softwares* de controle administrativo, que facilitam o desenvolvimento de uma empresa. Além dos administrativos, torna-se

² Painel de Estadia: Planilhas eletrônicas automáticas, geradas pelo sistema SBAL (Sistema de Balança). Auxilia no controle da logística no interior da fábrica.

possível vislumbrar também os *softwares* de Pesquisa Operacional (PO), que tem por finalidade a solução e/ou otimização de determinado problema.

Sendo uma subdivisão de PO, segundo Gavira (2003, *apud* Freitas *et al*, 2007), os modelos de simulação têm por características “representar a totalidade ou parte de um sistema, gerando a possibilidade de ser executado ou manipulado, a fim de auxiliar no entendimento do sistema”.

Com a finalidade de identificar os possíveis gargalos dentro da operação, utilizou-se de *softwares* de simulação como ferramenta para tomada de decisão na resolução de um problema, objetivando a criação de um modelo eficiente para o controle de atividades dentro de uma empresa, a fim de reduzir os custos com a operação e otimização das tarefas.

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos constituem a finalidade de um trabalho científico, ou seja, a meta que se pretende atingir com a elaboração da pesquisa. Podemos distinguir dois tipos de objetivos em um trabalho científico: os objetivos gerais e os objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

Identificar os gargalos do ciclo da operação de descarregamento de madeira da empresa Celulose, através das ferramentas de Pesquisa Operacional, a fim de otimizar a execução das atividades.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Levantar dados para estudo;
- Analisar estatisticamente os dados em estudo;
- Propor a visualização das operações através de *softwares*;
- Mostrar como a utilização de sistemas de simulação pode ajudar no andamento das atividades em execução;
- Analisar a hipótese inicial levantada: Processo que gera atraso e ocasiona multa é no Descarregamento.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para a concretização deste trabalho foram determinados, neste primeiro capítulo, os norteadores da pesquisa e uma contextualização: formulação do problema, justificativa para a realização do trabalho e objetivos a serem alcançados.

A seguir, elaborou-se uma pesquisa conceitual explicando os principais temas a serem abordados, como logística, tomada de decisão, sistemas de simulação computacional, dentre outros, servindo como base argumentativa para análise do problema proposto.

Apresentou-se a metodologia adotada durante o estudo, abordando as ferramentas adotadas e o motivo de sua utilização, sendo descritas todas as etapas em sequência, com seus respectivos passos de uso.

Posteriormente, elaborou-se o estudo de caso a fim de que se cumpra o objetivo do presente, objetivando a identificação do gargalo e exemplificação do uso de PO nas organizações.

Findou-se com as considerações alcançadas durante a análise e com a sugestão de análises futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica na qual este trabalho se apoia, explicando alguns conceitos importantes para a resolução do problema, como logística, tomada de decisão, sistemas de simulação, dentre outros.

2.1 LOGÍSTICA

Nos primórdios da história não se tem registro de controle e distribuição de suprimentos pela população. Tudo o que era produzido em um determinado local era armazenado e consumido por aquela comunidade. Posteriormente, as trocas foram sendo realizadas por viajantes, porém de forma descontrolada.

O processo logístico e seu controle sofreu uma revolução durante a Primeira Guerra Mundial, sendo uma ferramenta de fundamental importância para o fornecimento de armamento e alimentação para os guerrilheiros.

Após a guerra, notou-se a acuidade da gestão desta área para a criação de estratégias. Dentro da administração, logística pode ser considerada a essência do comércio, tanto para transporte de matérias-primas quanto para distribuição até o consumidor final. Para Ballou (2006, pag. 27), a logística “abrange a noção de que o fluxo de mercadorias deve ser acompanhado desde o ponto em que existem como matéria-prima até aquele em que são descartadas”.

A logística tem um papel muito importante no processo de disseminação da informação, podendo ajudar positivamente caso seja bem equacionado, ou prejudicar seriamente os esforços mercadológicos, quando for mal formulado. Isso porque a logística é, na empresa, o setor que dá condições práticas de realização das metas definidas. Sem ela, tais metas não têm condições de se concretizar adequadamente.(NOVAES,2015)

Wanke (2010) e Affonso argumentam, baseados nas ideias de Ferrin, Pearson (1997), que “o reconhecimento do impacto dos processos de coordenação da cadeia de suprimentos sobre transporte e armazenagem não é novo”, porém defende, utilizando Mason *et al* (2003), Stefansson, Lumsden (2009) como ideais, que “a novidade é o surgimento de aplicações de

TI³ [Tecnologia da Informação] que mudaram o modo de operação dessas atividades e alavancaram o desempenho da cadeia de suprimentos”.

Devido ao crescimento da comercialização e abrangência mundial, muitas organizações trabalham com a terceirização logística, através da contratação de Operadoras Logísticas (OL's) ou OPL's. “As OL's são fornecedores de serviços logísticos integrados, capazes de atender a todas ou quase todas as necessidades logísticas de seus clientes, de forma personalizada” (FLEURY, 2000 *apud* WANKE e AFFONSO, 2010).

Para Wilding *et al* (2004) *apud* Wanke (2010), “dentre alguns dos motivadores para a onda de terceirização dos serviços logísticos e para a contratação de OL's, destacam-se a redução de custos, a melhoria nos níveis de serviço, o aumento da flexibilidade operacional e o foco nas competências-chave do negócio”.

Considerando a importância desta ciência para o desenvolvimento da empresa, a tomada de decisão de um gestor deve ser precisa para que se obtenha um planejamento logístico satisfatório.

2.2.1 Operações de Transporte

Para Cullinane *et al* (2005) *apud* Wanke e Hijjar (2009), “a importância da infraestrutura logística para as economias nacionais e para as empresas tem aumentado fortemente nos últimos anos”.

O transporte desempenha um papel fundamental na percepção da qualidade do serviço logístico ao longo da cadeia de abastecimento, por isso muito se confunde para leigos como sendo a única atividade da logística.

O objetivo principal dos transportes é a movimentação de produtos, seja na forma de materiais, componentes, produtos inacabados e acabados. O valor básico fornecido pelos transportes é movimentar o estoque para destinos específicos. Destacamos que o desempenho e aprimoramento dos transportes é vital para as compras, para a manufatura, para o atendimento ao cliente, ou seja, caracteriza o principal valor dos transportes: a movimentação de produtos em toda a cadeia de suprimentos. Sem um transporte confiável, a maioria das atividades comerciais simplesmente não aconteceria. O transporte necessita e consome recursos de tempo, financeiro e ambientais. (FERNANDES, 2012)

³ Tecnologia da Informação (TI): Sistemas de informação, uso de hardwares e *softwares*, telecomunicações, automação, recursos multimídia, utilizados pelas organizações para fornecer dados, informações e conhecimentos (LUFTMAN *et al.*, 1993; WEIL, 1992; *apud* LAURINDO *et al.*, 2001).

Para Nazário *et al* (2010) *apud* Marques (2012), “o transporte é umas das principais funções logísticas. Além de representar a maior parcela dos custos logísticos na maioria das organizações, tem papel fundamental no desempenho de diversas dimensões do serviço ao cliente”.

2.2.1.1 Modais de Transporte

Como forma de otimizar a movimentação dos produtos, existem seis modais de transporte: aéreo, marítimo, rodoviário, ferroviário, hidroviário e dutoviário, podendo haver o uso de dois ou mais em um mesmo processo (conhecido por modal misto). Em sua obra “Logística e Fundamentos logísticos”, Fernandes (2012), descreve algumas das características destes, conforme quadro abaixo.

Quadro 01: Tipos de modais de transporte.

MODAL	DESCRIÇÃO
AÉREO	Transporte de cargas via aérea. É o segundo mais utilizado nas importações brasileiras, ficando atrás somente do modal marítimo.
MARÍTIMO	Representa o transporte de cargas através da navegação entre os portos de países na movimentação dos mais diversos materiais e produtos. O Brasil utiliza o modal marítimo em grande escala para os processos de importação e exportação.
RODOVIÁRIO	Sistema de transporte realizado por veículos que se deslocam em rodovias. O modal rodoviário representa no Brasil a maior porcentagem de todo o material transportado no território nacional.
HIDROVIÁRIO	Sistema de transporte que utiliza o complexo fluvial de um país ou região. As hidrovias são caminhos predeterminados para o tráfego aquático. Esse modelo é muito utilizado em países desenvolvidos para transporte de grandes volumes a longas distâncias, sendo mais baratos que rodovias e ferrovias.
DUTOVIÁRIO	Modal pouco conhecido e mais utilizado no comércio exterior brasileiro. É um transporte que não causa poluição, não congestiona e é relativamente barato. De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) no Brasil os principais dutos existentes são: gasodutos (transporte de gases), minerodutos (transporte de minérios) e oleodutos (transporte de petróleo brutos e derivados).
FERROVIÁRIO	Transporte realizado em ferrovias, através de locomotivas. Geralmente administradas por empresas privadas e construídas para a finalidade das mesmas, no Brasil.

Fonte: Adaptado da obra de Kleber Fernandes: Logística – Fundamentos e processos (2012)

Para Fernandes (2012), “seja qual for o modal de transporte escolhido a ser utilizado pelas empresas ou mesmo a integração entre os modais de transporte, os desafios da área

exigem profissionais estratégicos que conciliem todas as alternativas possíveis para equilibrar os custos”.

A principal da escolha de um modal ideal, para atender as demandas de cada organização, busca identificar a melhor opção que se adeque ao cenário da empresa, com menor custo combinado com as melhores opções de serviço. Com base neste fato, Marques (2012), elaborou o quadro abaixo, comparando características de diferentes modais.

Quadro 02: Comparativo entre os tipos de modais de transporte.

CARACTERÍSTICAS / MODAIS	MARÍTIMO	FERROVIÁRIO	FLUVIAL	RODOVIÁRIO	AÉREO	DUTOVIÁRIO
CAPACIDADE DE CARGA	ALTA	ALTA	ALTA	MÉDIA	BAIXA	LIMITADA
FLEXIBILIDADE	BAIXA	BAIXA	MÉDIA	ALTA	MÉDIA	BAIXA
DISPONIBILIDADE	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	ALTA	MÉDIA	MÉDIA
TEMPO DE DESLOCAMENTO	LENTO	MÉDIO	LENTO	MÉDIO	RÁPIDO	RÁPIDO
INVESTIMENTO INICIAL	ALTO	MUITO ALTO	MÉDIO	PEQUENO	MÉDIO	ELEVADO
CUSTO POR TONELADA	BAIXO	BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	BAIXO

Fonte: Adaptado da obra de Cícero Marques: Atividades técnicas na operação logística (2012).

“Os transportes aéreos são rápidos e confiáveis, reduzindo os custos de inventário; o transporte aquaviário e ferroviário têm custo menor, porém necessitam movimentar cargas de maior volume, por serem mais lentos” (Marques, 2012), dentre outras diversas análises que podem ser realizadas. Cada modal terá uma característica diferente e complementar, sendo responsabilidade do gestor a tomada de decisão do que será mais adequado para cada operação.

2.2. TOMADA DE DECISÃO

A tomada de decisão de um gestor pode influenciar consideravelmente o desenvolvimento de uma organização. Segundo Moreira (2011), a “tomada de decisão envolve uma situação-problema em que o gerente se depara com várias alternativas de solução”.

Segundo Angeloni (2003), os dados por si só não significam conhecimento útil para a tomada de decisão, constituindo-se apenas o início do processo. O grande desafio dos

tomadores de decisão é o de transformar dados em informação e informação em conhecimento, minimizando as interferências pessoais neste processo de transformação.

Dotar os dados, as informações e os conhecimentos de significados não é um processo tão simples como parece. Características individuais, que formam o modelo mental de cada pessoa, interferem na codificação/decodificação desses elementos, acarretando muitas vezes distorções individuais que poderão ocasionar problemas no processo de comunicação (ANGELONI, 2003).

Algumas destas falhas podem ser resumidas por fatores conforme Pereira & Fonseca (1997) e Davenport (1998) *apud* Angeloni (2003) descrevem:

- Existem diferenças entre o que queremos dizer e o que realmente dizemos; entre o que dizemos e o que os outros ouvem; entre o que ouvem e o que escutam; entre o que entendem e lembram; entre o que lembram e retransmitem.
- Existem informações que os indivíduos não percebem e não vêem; informações que vêem, e não ligam; informações que vêem, e não entendem ou não decodificam; informações que vêem e usam; informações que procuram; informações que adivinham.
- As pessoas só escutam aquilo que querem e como querem, de acordo com suas próprias experiências, paradigmas e pré-julgamentos.
- Nosso estado de espírito e humor pode afetar a maneira como lidamos com a informação.

Moreira (2011) afirma que apesar da constatação de que cada problema de decisão tem seu caráter de especificidade, é possível reunir elementos comuns a todos os problemas de decisão, tornando possível reconhecer as particularidades e estudá-lo.

A análise formal de problemas de decisão é geralmente levada a efeito de modelos matemáticos, que são representações simbólicas do problema em questão; o que se faz é procurar enquadrar o problema em um de muitos modelos já disponíveis e de utilidade já comprovada. Se a empresa tiver recursos, como analistas de Pesquisa Operacional e computadores à disposição, pode-se inclusive formular novos modelos, específicos aos problemas particulares da organização (MOREIRA, 2011).

2.3 PESQUISA OPERACIONAL

Comumente chamada de PO, a Pesquisa Operacional, como o próprio nome indica, envolve pesquisa sobre as operações. Portanto, é aplicada a problemas que compreendem a condução e coordenação das operações em uma organização (HILLIER E LIEBERMAN, 2013).

O nome também sugere abordagem por pesquisas de campo e isso de fato ocorre.

O processo tem início observando-se e formulando-se cuidadosamente o problema, incluindo a coleta de dados relevantes. A próxima etapa é construir um modelo científico (tipicamente matemático) que tenta abstrair a essência do problema real. Parte-se, então, da hipótese de que esse modelo é uma representação suficientemente precisa das características essenciais da situação e de que as conclusões (soluções) são obtidas do modelo também são válidas para o problema real. A seguir, são realizadas experimentações adequadas para testar essa hipótese, modificá-la conforme necessário e, por fim, verificar alguma forma da hipótese (essa etapa é frequentemente conhecida como validação do modelo). Assim, até certo ponto, a pesquisa operacional envolve a pesquisa científica criativa das propriedades fundamentais das operações. Entretanto, há outros fatores além desse. Especificamente, a PO também trata da gestão prática da organização. Portanto, para ser bem-sucedida, a PO também precisa, quando necessário, fornecer conclusões positivas e inteligentes para o (s) tomador (es) de decisão (HILLIER E LIEBERMAN, 2013, P. 02).

A PO é aplicada em um campo abrangente de atuação, visando obter a melhor solução (ou solução ótima, como defendem alguns escritores) para a organização como um todo, não somente para uma unidade. Isso implica que o estudo de cada problema deve conter os aspectos e objetivos de toda a companhia para uma solução mais assertiva.

A Pesquisa Operacional é um campo da ciência em evolução, em constante expansão, entretanto existem alguns modelos mais generalizados e difundidos: Probabilidade e Distribuições de Probabilidade (Análises Estatísticas); Programação Linear Simples; Programação Linear Inteira; PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e CPM (*Critical Path Method*); Previsão; Teoria da Decisão; Modelos de Rede; Modelos de Linhas de Espera (Filas); Simulação; Teoria dos Jogos e Análise de Regressão.

2.3.1 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Com o avanço tecnológico surgiram várias ferramentas que auxiliam os gestores nesta importante tarefa. Algumas destas ferramentas são os sistemas de simulação.

Winston (1993) *apud* Sakurada e Miyake (2009) define que “um sistema é um conjunto de entidades que agem e interagem com um determinado propósito”. De acordo com

Schriber (1974) *apud* Freitas Filho (2008, p. 21), “simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo”.

Através de modelos torna-se possível visualizar como um determinado sistema se comporta. Segundo PIIID (1996) *apud* Sakurada e Miyake (2009), um modelo pode ser considerado como “uma representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte daquela realidade”.

“Um modelo em computador é um conjunto de relacionamentos matemáticos e suposições lógicas implementados em um computador como representação de algum problema ou fenômeno de decisão do mundo real” (RAGSDALE, 2011). Shannon (1975) *apud* Freitas Filho (2008, p. 22) definiu assim este tipo de modelo: “Um modelo computacional é um programa de computador cujas variáveis apresentam o mesmo comportamento dinâmico e estocástico do sistema real que representa”.

Modelos nos permitem ganhar conhecimento e entendimento sobre o objeto ou problema de decisão que está sendo investigado. “O objetivo final de usar modelos é melhorar a análise de decisão” (RAGSDALE, 2011).

Quadro 03: Técnicas de modelagem da ciência de gerenciamento.

CATEGORIA	FORMA DAS FUNÇÕES	VALORES DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES	TÉCNICAS DA CIÊNCIA DO GERENCIAMENTO
MODELOS PRESCRITIVOS	Conhecido, bem definido.	Conhecido ou sob o controle do tomador de decisão	Programação linear, Rede, Programação de inteiros, CPM, Programação de metas, Programação não linear, QQE
MODELOS PREDITIVOS	Desconhecido, mal definido.	Conhecido ou sob o controle do tomador de decisão	Análise de regressão, Análise de série de tempo, Análise discriminatória
MODELOS DESCRITIVOS	Conhecido, bem definido.	Desconhecido ou incerto	Simulação, colocação em fila, PERT, Modelos de inventário

Fonte: Adaptado da obra de Cliff Ragsdale: Modelagem e Análise de Decisão (2011).

Segundo Ragsdale (2011), existem três categorias de classificação em que um modelo pode se caracterizar: Prescritivos, preditivos ou descritivos, conforme apresentado no quadro 03. Os modelos prescritivos são assim denominados em decorrência de suas soluções, informando ao tomador de decisão que ações realizar. Preditivos são os modelos em que o

tomador de decisão faz previsões de acordo com o cenário apresentado. A terceira categoria de modelos é a de Modelos Descritivos, que “são os que são mais encontrados no mundo dos negócios e possuem como objetivo descrever o resultado ou comportamento de determinada operação ou sistema” (RAGSDALE, 2011, p. 7 e 8).

Moreira (2011) alega que o processo de transformar os dados de um problema e organizá-los segundo as necessidades formais de um modelo matemático chama-se modelagem. “O processo de modelagem deve inicialmente buscar uma clara compreensão da estrutura e dinâmica do sistema real a ser simulado” (SAKURADA E MIYAKE, 2009). Uma das aplicações deste conceito é na identificação de problemas existentes nos sistemas das organizações, como, por exemplo, geração de filas e gargalos.

Como uma forma de identificar e criar estratégias para sanar este tipo de problema os gestores passam a utilizar alguns meios de simulação.

Segundo Pegden *apud* Paragon (2014):

Simulação é uma das mais poderosas ferramentas de análise disponíveis para os responsáveis por projeto e operação de processos complexos ou sistemas. Em um mundo de crescente competitividade, simulação se tornou uma ferramenta muito poderosa para planejamento, projeto e controle de sistemas. Não mais renegado ao posto de “último recurso”, hoje ela é vista como uma metodologia indispensável de solução de problemas para engenheiros, projetistas e gerentes. (PEGDEN *apud* PARAGON, 2014)

Afirmando Pegden, os autores Sakurada e Miyake (2009) introduzem que:

A simulação é uma técnica utilizada tanto para projeto e avaliação de novos sistemas, como para reconfiguração física ou mudanças no controle e/ou regras de operação de sistemas existentes. As suas aplicações têm crescido em todas as áreas, auxiliando os gestores na tomada de decisão em problemas complexos e possibilitando um melhor conhecimento dos processos nas organizações. (SAKURADA, MIYAKE, 2009)

Para Hollocks (1992) *apud* Vieira (2006), a simulação computacional é uma técnica de pesquisa operacional que envolve a criação de um programa computacional representando alguma parte do mundo real, de forma que experimentos no modelo original predizem o que acontecerá na realidade.

Conforme Law e Kelton (1991) *apud* Sakurada e Miyake (2009), os *softwares* de simulação podem ser basicamente agrupados em duas grandes categorias: linguagens de simulação e simuladores.

A simulação por *software* visa, através de experimentos, identificar problemas e testar possíveis soluções até que se encontre uma que seja mais adequada. Existem vários *softwares* de simulação no mercado, dentre eles o ARENA (*Rockwell software Automation Inc.*), AutoMod (*Autosimulations*), Extend (*Imagine That*), GPSS H (*Wolverine*), Micro Saint

(*Micro Analysis & Design*), ProModel (*ProModel Corporation*), SIMPLE++ (AESOP), *Simsript II.5* e MODSIM III (*CACI Products Company*), TAYLOR Iib, VisSim (*Visual Solutions*), dentre outros.

Dentre os citados, merece destaque neste trabalho o programa Arena. Segundo Silva *et al.* (2007), trata-se de um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise de resultados e utiliza a abordagem por processos para execução da simulação. “Essa técnica de simulação pode ser considerada uma situação onde elementos estáticos, formando um ambiente bem definido com suas regras e propriedades, interagem com elementos dinâmicos, que fluem dentro desse ambiente.” (SILVA *et al.*, 2007)

O Arena é composto por um conjunto de blocos (ou módulos) utilizados para se descrever uma aplicação real e que funcionam como comandos de uma linguagem de programação. Os elementos básicos da modelagem em Arena são as entidades que representam as pessoas, objetos, transações, etc. que se movem ao longo do sistema; as estações de trabalho que demonstram onde será realizado algum serviço ou transformação, e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade irá percorrer ao longo de estações. (PRADO, 1999 *apud* SILVA *et al.*, 2007)

Tal como a maioria dos *softwares* de simulação, o Arena tem sido utilizado para simular os mais diversos ambientes, desde linhas de produção, minas, tráfego nas ruas de uma cidade e diversos ambientes logísticos.

2.3.1.1 Vantagens e desvantagens da Simulação

Freitas Filho (2008) baseado nos textos de Pegden (1991) e Banks (1984) aponta algumas vantagens e desvantagens da aplicação da simulação como ferramenta de análise. Abaixo, algumas vantagens de sua utilização:

- Uma vez criado, um modelo de simulação pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas;
- A metodologia de análise utilizada pela simulação permite a avaliação de um sistema proposto, mesmo que os dados de entrada estejam, ainda, na forma de esquemas ou rascunhos;
- A simulação é, geralmente, mais fácil de aplicar do que métodos analíticos;
- Enquanto os modelos analíticos requerem um número muito grande de simplificações para estudá-los matematicamente tratáveis, os modelos de

simulação não apresentam tais restrições. Além disso, nos modelos analíticos, as análises recaem apenas sobre um número limitado de medidas de desempenho. De maneira contrária, as informações geradas pelos modelos de simulação permitem a análise de, praticamente, qualquer medida concebível.

- Uma vez que os modelos de simulação podem ser quase tão detalhados quanto os sistemas reais, novas políticas e procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxos de informação etc. podem ser avaliados sem que o sistema real seja perturbado;
- Hipóteses sobre como ou por que certos fenômenos acontecem podem ser testadas para confirmação;
- O tempo pode ser controlado, comprimido ou expandido, permitindo reproduzir os fenômenos de maneira lenta ou acelerada, para que se possa melhor estudá-los;
- Pode-se compreender melhor quais variáveis são as mais importantes em relação à performance e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos do sistema;
- A identificação de gargalos, preocupação maior no gerenciamento operacional de inúmeros sistemas, tais como fluxos de materiais, de informações e de produtos, pode ser obtida de forma facilitada, principalmente com a ajuda visual;
- Um estudo de simulação costuma mostrar como realmente um sistema opera, em oposição à maneira com que todos pensam que ele opera;
- Novas situações sobre as quais se tenha pouco conhecimento e experiência podem ser tratadas de tal forma que se possa ter, teoricamente, alguma preparação diante de futuros eventos. A simulação é uma ferramenta especial para explorar questões do tipo: “O que aconteceria se?”.

Porém, como todas as ferramentas, a simulação também apresenta algumas desvantagens:

- A construção de modelos requer treinamento especial. Envolve arte e, portanto, o aprendizado se dá ao longo do tempo, com a aquisição de

experiência. Dois modelos de um sistema construídos por dois indivíduos competentes terão similaridades, mas dificilmente serão iguais;

- Os resultados da simulação são, muitas vezes, de difícil interpretação. Uma vez que os modelos tentam capturar a variabilidade do sistema, é comum que existam dificuldades em determinar quando uma observação realizada durante uma execução se deve a alguma relação significativa no sistema ou a processos aleatórios construídos e embutidos no modelo;
- A modelagem e a experimentação associadas a modelos de simulação consomem muitos recursos, principalmente tempo. A tentativa de simplificação na modelagem ou nos experimentos objetivando economia de recursos costuma levar a resultados insatisfatórios. Em muitos casos a aplicação de métodos analíticos pode trazer resultados menos ricos e mais econômicos.

Para Lobão e Porto (1996) e Pedgen *et al.*(1990) *apud* Vieira (2006), cada vez mais a simulação está sendo empregada nas indústrias sob variados objetivos; como por exemplo:

- Reduzir custos de estoques, dimensionando-os corretamente de acordo com o planejamento da produção;
- Aumentar o desempenho de processos já existentes;
- Garantir que novos processos sejam testados e aprovados antes de suas implementações;
- Alcançar o mais alto nível de otimização de recursos e de pessoal;
- Obter os melhores resultados de logística com sua cadeia de fornecedores;
- Usar o modelo para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação;
- Estudos sobre a utilização da capacidade instalada, níveis de inventários, lógica de controle, refinamento de projeto, integração, sequenciamento, gargalos do sistema, melhor arranjo físico e melhor índice de produtividade dos funcionários.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo é descrita a forma pela qual a pesquisa foi desenvolvida, enfatizando sua natureza, classificação e metodologia do projeto, seguida pela pesquisadora para a realização do estudo.

Este trabalho caracteriza-se como quantitativo, pois utiliza-se de dados reais objetivando, através de ferramentas estatísticas, a análise de um modelo. Segundo Diehl (2004) *apud* Dalfovo *et al* (2008), “o uso da quantificação, tanto na coleta quanto no tratamento das informações, utilizando-se técnicas estatísticas, objetiva resultados que evitem possíveis distorções de análise e interpretação, possibilitando uma maior margem de segurança”.

Dalfovo *et al* (2008) afirmam que os estudos quantitativos guiam-se por um modelo de pesquisa bem estruturada, a partir do qual formula hipóteses sobre as situações que pretende estudar. A coleta de dados enfatizará números que permitam verificar se ocorrem ou não as consequências, permitindo a aceitação (provisória) ou não das hipóteses. Os dados são analisados com apoio de técnicas estatísticas e/ou matemáticas.

Richardson (1989) *apud* Dalfovo *et al* (2008), expõe que este método é frequentemente aplicado em estudos que procuram descobrir e classificar a relação entre variáveis, quais se propõe a investigar (estudos descritivos), procurando explicar seu grau de relação e o modo como estão operando.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Moresi (2003), as pesquisas podem ser classificadas por sua natureza (básica ou aplicada), por sua abordagem (quantitativa e qualitativa), quanto aos fins (exploratória, descritiva, explicativa, metodológica e intervencionista), quanto aos meios de investigação (pesquisa de campo, de laboratório, telematizada, documental, bibliográfica, experimental, *ex post facto*, participante, pesquisa-ação e estudo de caso), não sendo mutuamente exclusivos. Ou seja, um mesmo trabalho pode apresentar mais de uma classificação.

Este trabalho classifica-se por sua natureza em uma pesquisa aplicada, com fins metodológicos, utilizando pesquisa de campo e estudo de caso como meios de investigação.

Moresi (2003) corrobora com a classificação supracitada, afirmando que a pesquisa aplicada envolve verdades e interesses locais, objetivando gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos; como pesquisa metodológica, referindo-se à elaboração de instrumentos de captação da realidade, associada a caminhos, formas, maneiras, procedimentos para atingir determinado fim; pesquisa de campo, que distingue-se pela investigação empírica realizada no local onde ocorreu o estudo; e por último, como estudo de caso pois tem caráter de profundidade e detalhamento das operações de uma empresa específica.

3.3 METODOLOGIA DO PROJETO DE PESQUISA.

Através do fluxograma presente na figura 01, torna-se possível a visualização da metodologia utilizada neste trabalho, que será detalhada a seguir.

Figura 01: Fluxograma das atividades adotadas.



Fonte: Autora.

3.3.1 Formulação do problema e coleta de dados

A partir da percepção durante uma estadia no departamento responsável pela logística da matéria-prima, notou-se as enormes filas que se formavam durante os processos e os custos adicionais que a empresa possui devido alguns atrasos para liberação dos veículos de transporte. Com o intuito de identificar os gargalos do processo e minimizar os dispêndios, criou-se um modelo de simulação computacional.

Desenvolveu-se o trabalho a partir da coleta de dados disponíveis no sistema Painel Estadia de Caminhões que apresenta, dentre outras informações, todos os horários da entrada e saída dos caminhões em tempo real, tornando possível identificar os veículos que excedem o tempo limite de duas horas na fábrica e o motivo de tal atraso, sendo estudado o período de dois anos (setembro de 2013 a setembro de 2015). As demais informações que não foram coletadas através do sistema citado foram retiradas via pesquisa de campo (presente no anexo B) com os funcionários responsáveis por cada atividade

3.3.2 Identificação das variáveis e das condições do sistema

O principal fator que altera o resultado do processo é a função Chegada, já que é o dado com maior variação devido a fatores externos à empresa (como, por exemplo, atrasos, acidentes durante o trajeto, obstrução da estrada, etc.).

As informações foram tratadas através de planilhas eletrônicas no Microsoft Excel. Separaram-se os dados por intervalo de tempo de duas horas, de forma a não utilizar uma mesma expressão de chegada para todo o dia, já que na realidade, no período noturno o fluxo de caminhões é menor. Período, este, estipulado pelo autor mediante testes nos modelos (referido posteriormente).

Os dados relativos a custos e finanças já são impostos no contrato com as terceirizadas, sendo levado em conta para estes cálculos o tempo excedido (a partir de duas horas) dentro do ciclo de descarregamento na fábrica.

3.3.3 Análise estatística dos dados

Atualmente, em qualquer fase do processo de desenvolvimento de um projeto, o profissional tem acesso a uma constante série de dados e necessita trata-los para o diagnóstico/proveito da informação. Diversos *softwares* (profissionais ou livres) foram criados para fomentar tais ideias. “Talvez o pacote mais utilizado com essa finalidade seja o Minitab. O *software* apresenta uma interface amigável, de fácil utilização e permite ao usuário

realizar análises estatísticas complexas, através de ferramentas de controle de qualidade, planejamento de experimentos, análises de confiabilidade e estatística geral” (Carmo *et al*, 2011 apud Duarte *et al*, 2011).

Mesmo com os dados reais, o modelo não apresentava resultados condizentes. Diante disso, foram realizadas análises através do *software* MiniTab. Retirou-se um percentual de 1% dos *outliers* com o objetivo de aproximar o sistema com o real médio (considerado ideal estatisticamente). Mesmo após a retirada dos *outliers*, o resultado ainda não foi satisfatório. Diante disso, mudou-se a estratégia de análise, optando-se por separar o intervalo de chegada em intervalos menores de tempo.

Todas as análises realizadas foram sendo incrementadas ao modelo criado, de forma a verificar a eficácia da análise e se seria viável a alteração. Só depois de gerados os relatórios do sistema, que se rejeitou realmente a proposição.

Primeiramente foram divididos por turnos (matutino, vespertino e noturno), porém a taxa de chegada ainda não aferia com a realidade. Posteriormente, foram divididos em períodos menores: seis, quatro, duas e, por fim, de uma-em-uma hora. Concluiu-se que as médias para o intervalo de duas-em-duas e de uma-em-uma hora atendiam a realidade de taxa de chegada reportada pelo Painel e notada na realidade.

3.3.4 Construção do modelo

Para a realização da programação das atividades utilizou-se o *software* Arena, criado pela empresa Paragon. Segundo a própria definição da fabricante (2014), o *software* é um “ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho e animação, análise estatística e análise de resultados”.

O modelo foi criado de uma forma simplificada e direta, com o objetivo de facilitar o entendimento por parte de quem o interpretar. Os dados foram reportados ao modelo manualmente, após a análise nos *softwares* *Input Analyser* e *Minitab 16*.

Como obteve-se duas análises que atenderam às taxas de chegadas, optou-se por representar em intervalos de duas-em-duas horas por questões de organização e apresentação do modelo, minimizando assim o número de processos/etapas.

Realizou-se a análise do modelo através de animações durante a execução e de relatórios pós-simulação. Foram representados através de figuras, os caminhões carregados e descarregados.

3.3.5 Validação do modelo

Após as análises realizadas e várias experimentações (para validação do modelo), o mesmo apresentou como resultado um número considerado valor médio de chegada, dando, assim continuidade às análises do experimento.

Como as informações foram retiradas diretamente do *software* da empresa, que apresenta dados atualizados em tempo real, acredita-se na confiabilidade das informações. Além da confiabilidade dos dados, o modelo foi testado trinta vezes, com cem replicações por simulação, de forma a comprovar a uniformidade dos elementos.

3.3.6 Realização dos experimentos de simulação; Análise estatística dos resultados e apresentação de sugestões

O projeto experimental mais adequado quanto ao quadro de respostas desejadas seria o que representasse mais fielmente os dados da organização, principalmente o número médio de chegada dos caminhões, dado este o mais variante, conforme citado anteriormente.

Como se trata de um modelo específico, realizado para uma empresa em especial e em um determinado ciclo de operações, que, até então, não sofreu alterações, considera-se o sistema montado como um do tipo terminal, já que a resposta para a ação será determinada.

Foram elaborados oito modelos diferentes até chegar ao desejável. As replicações sofreram alterações principalmente nos dados de Chegada, através da modificação da análise dos dados.

Como se trata de um modelo real torna-se mais fácil identificar os erros, pois é possível realizar comparações entre Simulado x Realidade. Logo, a identificação da melhor alternativa se deu através destas conferições.

4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo objetiva a apresentação da empresa em estudo, assim como o detalhamento das atividades a serem analisadas.

A Celulose é uma das maiores produtoras mundiais de celulose de fibra curta branqueada, segundo informações da organização. Celulose são fibras de madeira que, uma vez extraídas do eucalipto, são utilizadas como matéria-prima na fabricação de papel, logo, o controle da matéria-prima é primordial para uma contínua produção.

A Celulose maneja uma área de 254.756,24 ha⁴, sendo 129.606,91 ha de plantio de eucalipto; 3.240,01 ha de área disponível para plantio; 103.424,85 ha área de Preservação Permanente e Floresta Nativa; 18.484,47 ha destinados para infraestrutura e outros.

A madeira utilizada em toda a produção é proveniente de áreas plantadas e controladas pela empresa e por fazendas que possuem contrato de entrega. Estas fazendas são tratadas como Fomento.

4.1 TRANSPORTE DE MADEIRA NA EMPRESA CELULOSE

A Celulose apresenta o sequenciamento das atividades relacionadas à logística de movimentação de madeira através de um procedimento interno denominado P0410 (Logística de Movimentação de Madeira).

A empresa, para um controle mais eficaz e apenas para questões administrativas, subdivide-se em três regionais: Guanhães, Nova Era e Rio Doce. A regional Guanhães é subdividida em regiões, Virginópolis e Sabinópolis. Nova Era subdivide-se em Cocais, Piracicaba e Santa Bárbara. E por fim, a regional do Rio Doce, que abarca as cidades de Belo Oriente, Ipaba e Pompéu.

A maior parte da madeira certificada colhida nas unidades de Manejo Florestal da Celulose e oriundas de fontes controladas (diversas) são destinadas diretamente à sua unidade fabril localizada em Belo Oriente. Uma menor parte é destinada aos pátios intermediários: Estação Costa Lacerda (Santa Bárbara), Pista de Pouso Cocais (Santana do Paraíso), Pátio Barbosinha (Coronel Fabriciano), Pátio Barbosão II (Ferros), Pátio Candeia (Santana do Paraíso), Pátio Cocais (Antônio Dias), Pátio Cuité (Santa Maria de Itabira), Pátio Indaiá

⁴ Fonte: Site da empresa Celulose.

(Antônio Dias), Pátio Corrente Canoa (São João Evangelista), Pátio de Virginópolis (Virginópolis), Pátio Pompéu (Açucena), Pátio Alfié (São Domingos do Prata), Pátio Pinçarão (Nova Era) e Pátio Drumond (Nova Era), que posteriormente são transportadas para a fábrica. A maioria dos pátios não operam sequencialmente, depende do local e do volume a ser colhido. Na fábrica existem 25 pátios divididos como mostra a figura 02.

A madeira de Fonte Controlada oriunda do fomento é entregue diretamente na fábrica pelo produtor rural, ou destinada aos pátios intermediários, sendo: Virginópolis (Guanhães) e Drummond (Nova Era).

Em síntese, o ciclo de transporte inicia após a colheita da madeira. Os toretes⁵ são carregados em caminhões (próprios para o transporte deste material), que seguem para os pátios ou para fábrica, de acordo com a demanda da produção. Quando conveniente, as madeiras dos pátios são transportadas para a fábrica. Ao chegarem à fábrica, ocorre o descarregamento do material e o caminhão retorna para o carregamento.

Considera-se, neste estudo, um ciclo de operações como a movimentação dos caminhões dentro da fábrica (chegada e saída) representado na figura 02. Ao chegar à fábrica, o caminhão passa pela balança, e se dirige para o setor de Recebimento de Madeira, passa pela medição no Logmeter⁶ e segue para o descarregamento. Depois de descarregado, segue para a limpeza, abastecimento (caso necessário), pesagem e, em seguida, é liberado.

⁵ Segundo a portaria nº 17, de 26 de fevereiro de 2009, o Instituto Estadual de Florestas (IEF) define torete como seção da tora normalmente utilizada no processo de torneamento. Em outras palavras, tora curta, em geral fina, que possa facilmente ser transportada, inclusive manualmente por uma pessoa. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=11132>

⁶ Logmeter: Sistema laser de alta precisão, utilizado para medir o volume de madeira transportado por cada caminhão.

4.1.1 Processo de Movimentação de Madeira

Antes de iniciar as atividades de carregamento de determinado lote/talhão⁷, o supervisor se certifica sobre a documentação legal e informações cadastrais pertinentes à liberação da madeira para o transporte.

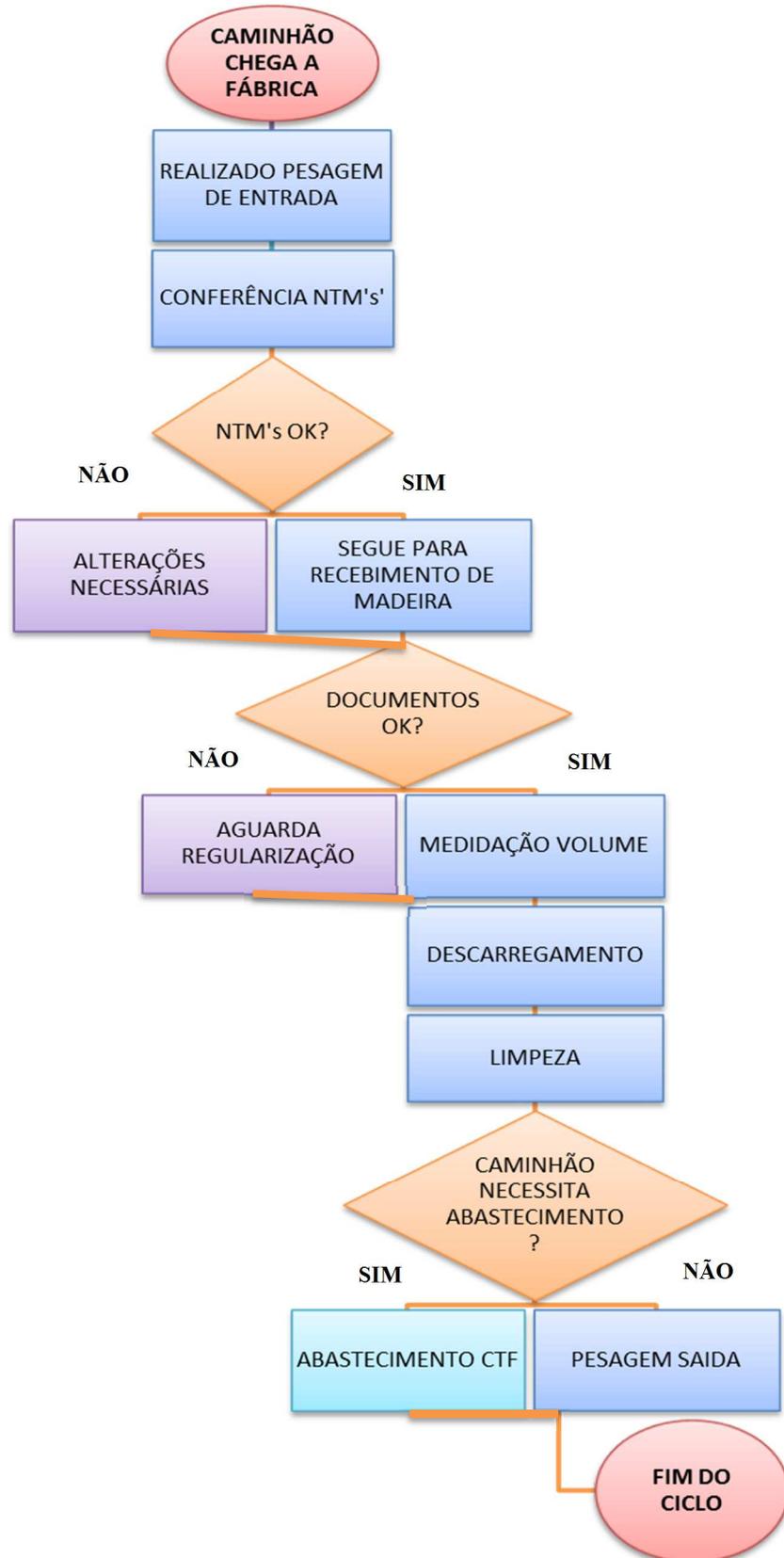
O monitor de logística verifica a liberação das pilhas a beira das estradas através da marcação convencionada pelo micro planejamento, através do formulário “Avaliação de Pilhas de Madeira nas Estradas”, sendo responsável, também, por fornecer às contratadas cópias do mapa do lote/talhão contendo as informações de volume a ser transportado.

O tempo ideal para realizar o transporte é definido por uma curva de dias de secagem da madeira, segundo dados do procedimento. Na prática, apesar do estudo que busca atingir este tempo ideal, ocorrências de chuva, corte para reabertura de estradas, dentre outros fatores, podem afetar o transporte.

Após carregado, a carreta segue para abastecimento da fábrica, seguindo o fluxo apresentado na figura 03.

⁷ Talhão: Lotes Ou UT's – Unidades de Trabalho - porção de terreno, mais ou menos distinta e separada, com qualquer cultura; trato (Dicionário). Ou seja, divisão de terrenos com mesmas características, geralmente acopladas em 100 ha cada. Fonte: Órgão Fiscalizador FSC - <http://www.florestascertificadas.org.br/cf/manejo-florestal/florestas-nativas>.

Figura 03: Fluxograma sequenciamento de atividades



Fonte: Autora

Na fábrica e nos pátios intermediários que possuem balança, a coleta dos dados é realizada através do Sistema de Balança (SBAL). Para caminhões com tara já registrada no SBAL, o operador de balança já pode emitir ticket de balança de entrada, contendo os dados do caminhão (placa, número, série da nota e peso). Os que não possuem tara registrada, o ticket é emitido na saída. Uma via é entregue ao motorista e outra encaminhada para o setor de Recebimento onde é anexada à nota.

Na chegada dos caminhões na fábrica também são conferidas as Notas de Transporte de Madeira (NTM's), aferindo se o número da placa do caminhão está de acordo com a placa relacionada na NTM e se o tipo de madeira é correspondente. Caso ocorra alguma divergência entre vagões/caminhões com NTM, o recebedor de madeira realiza as alterações necessárias baseadas no real. A carga não pode ser recebida se houver problemas com a NTM (rasuras ou incorreções) ou com a própria carga (madeira fora do fueiro, tipo de madeira misturada, etc.). Somente depois dos dados/problemas com a carga forem corrigidos pelo recebedor e/ou supervisor, o vagão/caminhão será encaminhado aos pontos de descarga.

No Recebimento, o recebedor de madeira deve conferir as notas fiscais e NTM's verificando: Placas dos caminhões, tipo de madeira, procedência de fonte controlada ou certificada e orientar seu destino.

As medições do volume de madeira dos caminhões podem ocorrer de duas maneiras: com Logmeter ou com régua. Com a régua, previamente identifica-se qual o tipo de carroceria longitudinal, o comprimento e a largura da carroceria e posteriormente lançam-se as medidas no sistema GPF⁸. Já com Logmeter, os dados entram automaticamente no sistema, bastando a entrada dos caminhões no equipamento.

O Logmeter é um sistema integrado, composto por sensores laser e um *software* de aplicação. O *software* analisa as variáveis dendrométricas⁹ da carga e processa um objeto tridimensional gerado pelos sensores para determinação do volume de madeira. É utilizado para a determinação do volume, para a determinação da Relação Peso Volume (RPV) e Fator de Empilhamento (FE).

⁸ GPF: Gestão de Processos Florestais – sistema interno para controle de todas as operações/setores da empresa.

⁹ Dendrometria: Ramo da ciência florestal que se encarrega da determinação ou estimação dos recursos naturais através das análises das variáveis de estado que definem uma árvore, seus componentes e os produtos que dela se originam (Dicionário).

Assim que auferir as informações de recebimento, o Encarregado de Pátio de Madeira deve indicar o local de descarga que pode ser nas mesas dos picadores 01 e 02; 03; 04, 05 e 06; ou no pátio de estocagem dentro da fábrica, indicando o número do pátio e da pilha.

Com o objetivo de prevenir acidentes e manter limpas as estradas de circulação, os motoristas/ajudantes devem limpar os assoalhos dos caminhões/vagões, retirando resíduos (casca, cipós, etc.) nos locais indicados pelo supervisor, monitor, encarregado do pátio ou recebedor.

Após a limpeza, havendo necessidade de abastecer, os motoristas devem conduzir os caminhões até o Controle Total de Frota (CTF) – Posto de Combustível. Em seguida, ir à balança e tirar a tara dos mesmos, onde o peso do diesel é descontado.

4.2 ELABORAÇÃO DO MODELO

Neste capítulo apresentam-se as características presentes no modelo, assim como as etapas para sua elaboração.

O modelo visa reproduzir um ciclo logístico de transporte de madeira dentro de uma fábrica de celulose de fibra curta branqueada. Produziu-se um modelo fiel a realidade, a fim de facilitar a tomada de decisão dos gestores através da identificação dos horários e operações que geram gargalo e que podem comprometer o bom desempenho das atividades.

De acordo com cláusulas estipuladas em contrato, o tempo de ciclo do caminhão dentro do pátio da fábrica não pode ultrapassar o tempo limite de duas horas, sendo este, então, o principal critério para a avaliação do desempenho do sistema, já que este é a causa das multas, gastos extras para a organização.

O número de caminhões a serem descarregados por dia nos pátios da fábrica é considerado alto, uma média de 240 caminhões por dia. Este fato tornar-se uma limitação para o sistema, por se tratar de um grande número de veículos.

4.2.1 Formulação do Modelo conceitual

Apresenta-se no modelo as atividades dentro dos pátios da fábrica em estudo, seguindo o fluxo de atividades dos caminhões. Abrangendo, assim, as operações desde a entrada na fábrica (pesagem inicial) até a saída (pesagem final).

Atualmente a Celulose atua com nove guas, sendo que oito destas são móveis, revezando-se entre os descarregamentos dos caminhões e dos vagões e uma destas fixas (responsável pelo descarregamento de vagões). Assim sendo, será considerado neste trabalho o número mínimo de guas trabalhando no descarregamento dos caminhões de cinco guas e máximo de oito guas, de acordo com o visualizado e levantado em campo.

De posse das informações, com o objetivo de modelar o problema, utilizou-se a ferramenta *Input Analyser*, presente no *software* Arena, para determinar as funções que os processos seguem. Através da ferramenta citada, se obteve as expressões que definem cada processo, como apresenta a tabela 01.

Tabela 01: Expressões utilizadas em cada processo com base no *Input Analyser*

PROCESSO	EXPRESSÃO
CHEGADA	VARIANTE DENTRO DO INTERVALO (A CADA DUAS HORAS)
PESAGEM	$22 + \text{ERLA}(25.7, 3)$
RECEBIMENTO	$\text{TRIA}(59, 367, 843)$
LOGMETER	$\text{NORM}(64.2, 19.3)$
DESCARREGAMENTO	$71 + \text{ERLA}(145, 3)$
LIMPEZA	$\text{NORM}(199, 81)$
ABASTECIMENTO	$-0.001 + 1.27e+003 * \text{BETA}(0.615, 2.85)$
PESAGEM SAÍDA	$-0.001 + 856 * \text{BETA}(0.118, 1.68)$

Fonte: Autora

As curvas de variáveis aleatórias utilizadas para a parametrização de entradas e processos foram retiradas do *Input Analyser*. A ferramenta apresentada utiliza abreviações para a demonstração das distribuições estatísticas. A título de conhecimento, segue quadro 04, que descreve resumidamente os parâmetros utilizados por cada distribuição.

Quadro 04: Distribuições estatísticas utilizadas no Arena.

SIGLAS ARENA	DISTRIBUIÇÕES ESTATÍSTICAS	PARÂMETROS
ERLA	ERLANG	K VARIÁVEIS ALEATÓRIAS
TRIA	TRIANGULAR	MÍNIMO, MÉDIA E MÁXIMO
NORM	NORMAL	MÉDIA E DESVIO PADRÃO
BETA	BETA	PARÂMETROS [a,b] ; DEFINIDA SOBRE INTERVALO [0,1]
GAMM	GAMA	PARÂMETRO DE FORMA (r) E PARÂMETRO DE ESCALA (θ)
EXPO	EXPONENCIAL	PARÂMETRO LAMBDA (λ)

Fonte: A autora

A figura 04 exibe o modelo final com todos os procedimentos, apresentando a sequência adotada no estudo. Através do anexo A tornar-se possível visualizar os tipos de processos empregados no modelo detalhadamente e suas respectivas funções. Por meio da tabela 02, apresenta-se as entidades e variáveis presentes no modelo, de acordo com cada processo.

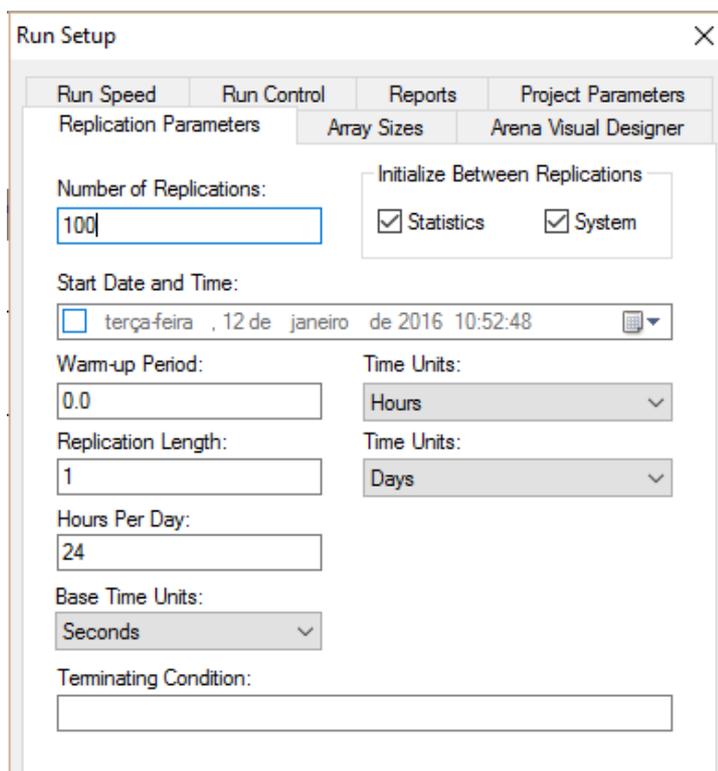
Tabela 02: Processos e recursos presentes no modelo Celulose.

PROCESSO	RECURSO	QUANTIDADE
PESAGEM ENTRADA	OPERADOR DE BALANÇA	1
RECEBIMENTO DE MADEIRA	RECEBEDOR DE MADEIRA	1
MEDIÇÃO LOGMETER	MÁQUINA LOGMETER	1
DESCARREGAMENTO MADEIRA NO PÁTIO	ENCARREGADO PÁTIO	1
	MÁQUINA GRUA	1
	OPERADOR GRUA	1
LIMPEZA CAMINHÃO	LIMPADOR	1
ABASTECIMENTO CTF	OPERADOR DE BOMBA	1
PESAGEM SAÍDA	OPERADOR DE BALANÇA	1

Fonte: A autora.

Executaram-se as simulações para o período de um dia, como forma de geração dos dados desejados e para a realização das análises, como apresenta a figura 05.

Figura 05: Representação da repetição do ciclo



Fonte: Modelo Arena

Após oito modelos e trinta experimentações (com cem replicações cada) chegou-se em um número de caminhões compatível com o desejável (visualizado na realidade). Com base nos relatórios reportados do *software* Arena (anexo C), a média de chegada de caminhões é de 221 caminhões/dia, com mínimo de 176 caminhões/dia e máximo de 264 caminhões/dia.

O setor de Recebimento da Madeira é o que apresenta a maior fila, média de aproximadamente 17 minutos de espera; em segundo, o descarregamento, com uma fila média de aproximadamente 12,5 minutos; e em terceiro, o abastecimento dos caminhões, com média de 0,54 minutos na fila, aproximadamente, conforme apresenta o gráfico 01.

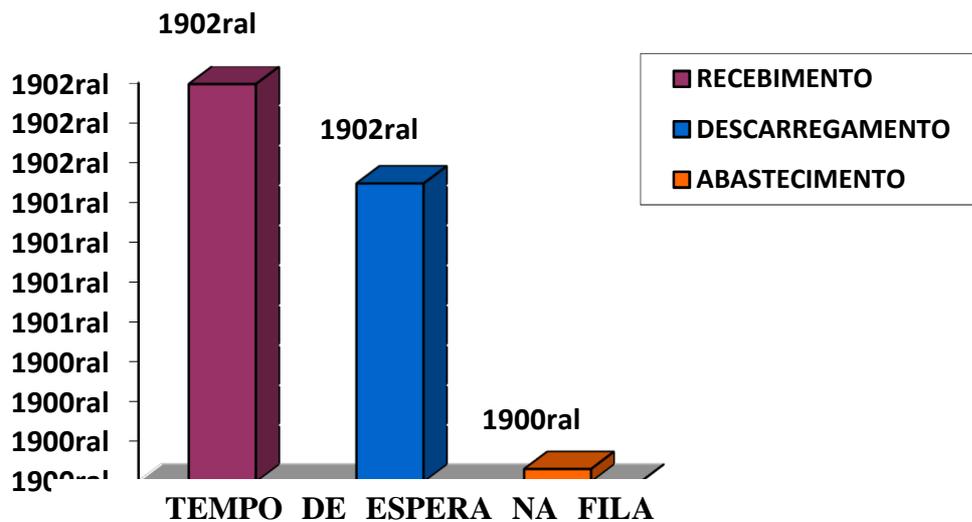


Gráfico 01: Processos com maior fila no estudo de caso Celulose (Valores em segundos)

Fonte: Autora

O processo Abastecimento, apesar de ser o terceiro com maior tempo de espera, não considerou-se uma restrição em nosso sistema, já que não são todos os caminhões que necessitam abastecer e pelo tempo de espera ser relativamente baixo. Além disso, é esperado que demandasse mais tempo no abastecimento por se tratarem de veículos de grande porte e pelo fato do CTF não ser responsável apenas pelo abastecimento dos caminhões, mas como de toda a frota da empresa (veículos leves, ônibus etc.). O máximo de caminhões que aguardaram na fila, de acordo com os dados do Arena, foram 3 (três) caminhões.

O descarregamento da madeira é o processo chave deste ciclo de operações, sendo demandado, naturalmente, mais tempo para sua execução. Devido ao baixo número de máquinas, alguns caminhões necessitam aguardar o descarregamento. O número máximo de caminhões na fila, apresentado pelo sistema, é de 11 (onze) caminhões.

O processo Recebimento da Madeira é o mais crítico. É o que demanda maior tempo e número de caminhões (com até 13 caminhões) na fila.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo são apresentadas algumas análises e observações do método adotado para o estudo de caso.

O projeto apresentou o ciclo de operações de uma fábrica através da simulação computacional, que oferece um considerado número de variáveis e restrições.

Devido a resguardo da empresa em estudo (que não autorizou a divulgação de seus custos), não serão apresentados valores de ônus, portanto apenas o levantamento e análise dos dados reportados pelos sistemas.

Nota-se através dos relatórios de saída do *software* Arena (anexo C) que o setor que apresenta a maior fila é o que demanda de atividades administrativas e que dependem de terceiros, podendo facilmente (se comparado com os dispêndios com a aquisição de novos equipamentos), ser resolvida, como treinamentos de reciclagem e discriminação e delegação de atividades.

Tendo como base os relatórios de resposta do modelo do *software* Arena, torna-se possível diversas conferições, tais como: a taxa de ocupação de cada recurso (se algum funcionário/maquinário está sobrecarregado ou escasso); se há a necessidade de aquisição de novos equipamentos ou contratação de novos funcionários; tempo de fila de cada processo; dentre outros, assim como a identificação de gargalos (objetivo geral do nosso trabalho).

Quanto a viabilidade de realização de compra de novos equipamentos e contratação de mão-de-obra, deixa-se sob responsabilidade da companhia a tomada de decisão apresentando, assim, somente uma forma de análise – a fim que ocorra uma gestão mais assertiva.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em suma, os dados foram coletados, verificados e disseminados no modelo. Após o modelo implantado, os relatórios foram analisados e rejeitou-se, então, a hipótese de que onde se gera a maior fila é no setor de Descarregamento, como esperado, mas sim no Recebimento de Madeira. Recomenda-se o treinamento do pessoal administrativo e verificação do processo de Recebimento, a fim de que se torne mais eficaz.

A rejeição da hipótese inicialmente levantada reforça o quão variável podem ser as análises e a necessidade de sistemas que possibilitam decisões mais assertivas.

Nota-se uma crescente utilização dos modelos computacionais para as tomadas de decisão e uma culminante consolidação de seus benefícios, pois através destes torna-se possível a visualização de todas as operações do processo, identificando, caso haja, o gargalo.

É certo de que para sua utilização, a companhia necessite realizar investimentos em recursos, como mão-de-obra, equipamentos tecnológicos e tempo, mas o benefício é certo. Pode-se avaliar que o uso de um modelo computacional no nível do planejamento estratégico, permite chegar a decisões mais viáveis para otimização dos processos, reduzindo os custos e as chances de erros de planejamento. A simulação é uma ferramenta prática e versátil, tornando-se uma ponte entre a ideia e sua implementação.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - Norma Brasileira (NBR)

ANGELONI, Maria Terezinha. **Elementos intervenientes na tomada de decisão**. Ci. Inf., Brasília, v. 32, n. 1, p. 17-22, jan./abr. 2003.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Tradução Raul Rubenick; revisão técnica Rogério Bañolas – Porto Alegre: Bookman, 2006).

BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. 2 ed. rev. e atual. – São Paulo: Saraiva, 2009.

CELULOSE – **Procedimento interno Celulose – P0410**. DELOD-L, 2014.

CELULOSE – Site da empresa. Disponível em: <http://cnbboepp.Celulose.com.br:50000/irj/portal>. Acesso em: 10/07/2014.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. 7 ed. rev. e atual. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. **Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico**. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v.2, n.4, p.01- 13, Sem II. 2008.

DUARTE, Ana Paula Salum; ORELLANA, Manolo Horta Barbosa; CAMPOS, Renato Prates de Oliveira. **Uso do software livre aplicado à Engenharia Química**. UFMG, 2011. Disponível em: <http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/ueadsl/article/view/2845/2804>. Acesso em: 01/02/2017.

FERNANDES, Kleber dos Santos. **Logística: fundamentos e processos**. 1 ed. rev. – Curitiba: IEDES Brasil, 2012.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de sistemas com aplicação em Arena**. 2 ed. Rev. E atual. – Florianópolis: Visual Books, 2008.

FREITAS, Eduardo Ferreira de; Fonseca, Marcos de Oliveira; Marques, Rodrigo Madeira. **Utilização de técnicas de simulação para desenvolvimento, testes e validação de projetos de automação**. Tecnologia em Metalurgia e Materiais, São Paulo, v.4, n.1, p. 18-23, jul.-set. 2007. Disponível em: <http://tecnologiamm.com.br/files/v4n1/v4n1a04.pdf>. Acesso em: 29/02/2016.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 9 ed. – Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2013.

Introdução à simulação com ARENA. Paragon. Disponível em: http://www.paragon.com.br/padrao.aspx?apresentacao_content_ct_1685_2139.aspx. Acesso em 20/08/2014.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Portaria nº 17, de 26 de fevereiro de 2009.** Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=11132>. Acesso em: 13/01/2016.

LAURINDO, José Barbin; SHIMIZU, Tamio; CARVALHO, Marly Monteiro; RABECHINI JR, Roque. **O papel da Tecnologia da Informação (TI) na estratégia das organizações.** Revista Gestão e Produção, v. 8, n. 2, p. 160-179, 2001.

MARQUES, Cícero Fernandes; Olda, Érico. **Atividades técnicas na operação logística** – Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2012.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e operações.** 2 ed. Rev. E ampl. – São Paulo: Cengage Learning, 2011.

MORESI, Eduardo. **Metodologia da pesquisa.** Distrito Federal: Universidade Católica de Brasília, 2003. Disponível em: http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34168313/MetodologiaPesquisa-Moresi2003.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1496614191&Signature=9cCg2XaYbOrkiFhkSkygs7c%2BrCc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMetodologia_da_Pesquisa_PRO-REITORIA_DE.pdf. Acesso em 01/02/2017.

NOVAES, Antônio Galvão. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição.** 4 ed – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

Órgão Fiscalizador FSC. **Florestas Nativas.** Disponível em: <http://www.florestascertificadas.org.br/cf/manejo-florestal/florestas-nativas>. Acesso em: 10/01/2016.

RAGSDALE, Cliff T. **Modelagem e análise de decisão.** Tradução Luciana Penteadó Miquelino; revisão técnica Galo Carlos Lopez Noriega – São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SAKURADA, Nelson; Miyake, Dario Ikuo. **Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços.** Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 1, p. 25-43, jan.-mar. 2009.

SILVA, Liane Márcia Freitas; PINTO, Marcel de Gois; SUBRAMANIAN, Anand. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino de Engenharia de Produção.** Enegep, 2007.

VIEIRA, Guilherme Ernani. **Uma revisão sobre a aplicação de simulação computacional em processos industriais.** XII SIMPEP – Bauru, SP, 2006. Disponível em: http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/676.pdf. Acesso em: 01/02/2017.

WANKE, Peter Fernandes; FLEURY, Paulo Fernando. **Transporte de cargas no Brasil: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos.** Disponível em: https://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/capitulo_12_transportes.pdf. Acesso em: 01/02/2017.

WANKE, Peter Fernandes; HIJJAR, Maria Fernanda. **Exportadores brasileiros: Estudo exploratório das percepções sobre a qualidade da infraestrutura logística.** Revista Produção, v19, n. 1, p. 143-162, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Peter_Wanke/publication/262542811_Brazilian_exporters_Exploratory_study_on_the_perceptions_about_logistics_infrastructure_quality/links/55172a0b0cf2f7d80a39e78d/Brazilian-exporters-Exploratory-study-on-the-perceptions-about-logistics-infrastructure-quality.pdf. Acesso em: 01/02/2017.

WANKE, Peter Fernandes; Affonso, Camila Rodrigues. **Determinantes da eficiência de escala no setor brasileiro de operadores logísticos.** Rio de Janeiro - Revista Produção, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/prod/2010nahead/aop_t6_0006_0176.pdf. Acesso em: 01/02/2017.

ANEXO A

Seize ? x

Name: da Pesagem de Entrada Allocation: Other Priority: High(1)

Resources:

Resource: OpBalanca, 1, <End of list>

Add... Edit... Delete

Queue Type: Queue Queue Name: Fila da Pesagem de Entrad

OK Cancel Help

Assign ? x

Name: TEMPO

Assignments:

Attribute, TempoCam, TNOw <End of list>

Add... Edit... Delete

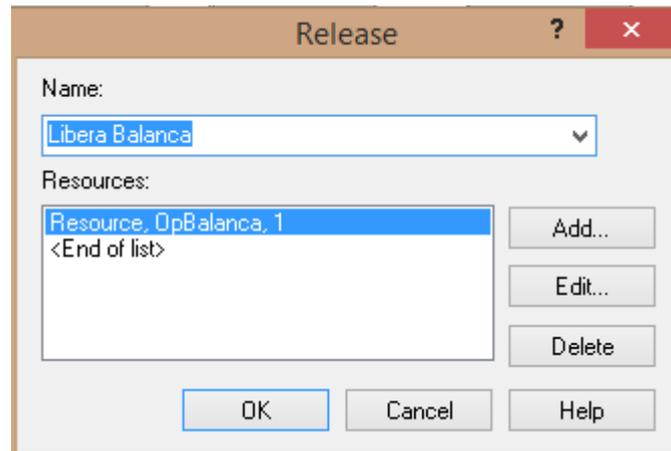
OK Cancel Help

Delay ? x

Name: Delay 1 Allocation: Other

Delay Time: $22 + \text{ERLA}(25.7, 3)$ Units: Seconds

OK Cancel Help

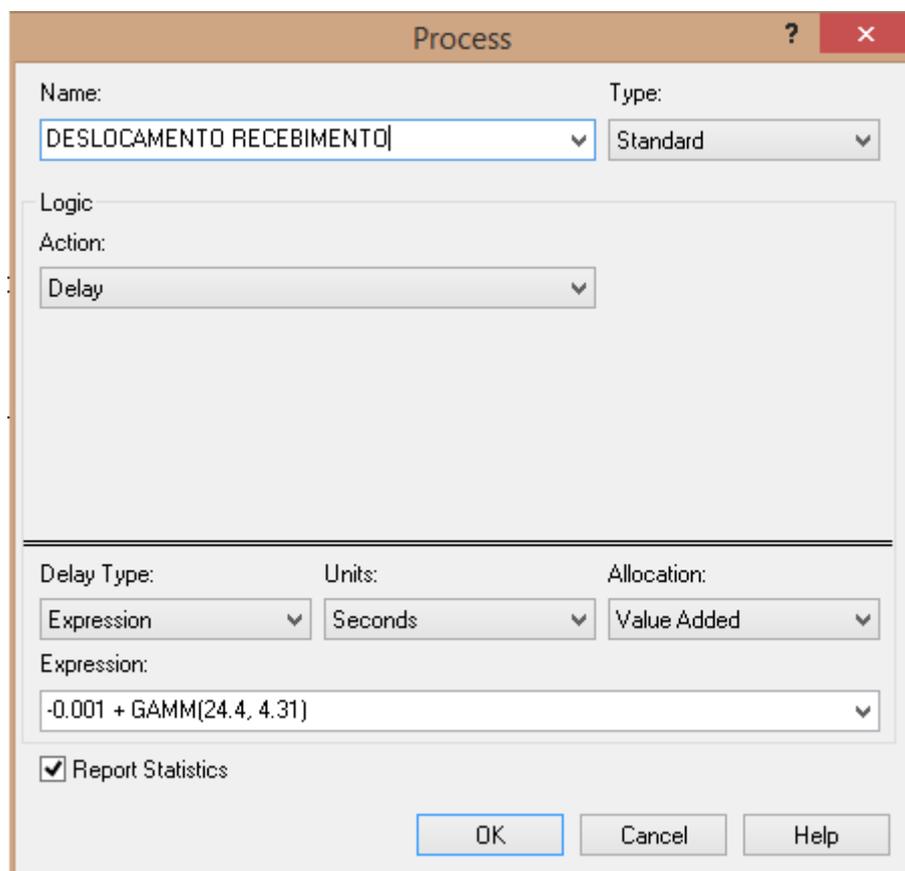


The 'Release' dialog box has a title bar with a question mark and a close button. It contains a 'Name:' field with a dropdown menu showing 'Libera Balanca'. Below it is a 'Resources:' list box containing 'Resource, OpBalanca, 1' and '<End of list>'. To the right of the list are three buttons: 'Add...', 'Edit...', and 'Delete'. At the bottom are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Name: Libera Balanca

Resources: Resource, OpBalanca, 1
<End of list>

Buttons: Add..., Edit..., Delete, OK, Cancel, Help



The 'Process' dialog box has a title bar with a question mark and a close button. It contains a 'Name:' field with a dropdown menu showing 'DESLOCAMENTO RECEBIMENTO' and a 'Type:' field with a dropdown menu showing 'Standard'. Below these is a 'Logic' section with an 'Action:' dropdown menu showing 'Delay'. At the bottom are three dropdown menus: 'Delay Type:' showing 'Expression', 'Units:' showing 'Seconds', and 'Allocation:' showing 'Value Added'. Below these is an 'Expression:' field with a dropdown menu showing '-0.001 + GAMM[24.4, 4.31]'. At the bottom left is a checked checkbox for 'Report Statistics'. At the bottom right are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Name: DESLOCAMENTO RECEBIMENTO

Type: Standard

Logic

Action: Delay

Delay Type: Expression

Units: Seconds

Allocation: Value Added

Expression: -0.001 + GAMM[24.4, 4.31]

Report Statistics

Buttons: OK, Cancel, Help

Process ? x

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

Resources:

<input type="text" value="Resource, RecebedorMadeira, 1"/>	<input type="button" value="Add..."/>
<End of list>	<input type="button" value="Edit..."/>
	<input type="button" value="Delete"/>

Delay Type: Units: Allocation:

Expression:

Report Statistics

Process ? x

Name: Type:

Logic

Action:

Delay Type: Units: Allocation:

Value (Mean): Std Dev:

Report Statistics

Process ? x

Name: LOGMETER Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource, MagLogmeter, 1
<End of list>

Add...
Edit...
Delete

Delay Type: Normal Units: Seconds Allocation: Value Added

Value (Mean): 64.2 Std Dev: 19.3

Report Statistics

OK Cancel Help

Process ? x

Name: DESLOCAMENTO DESCARGA Type: Standard

Logic

Action: Delay

Delay Type: Expression Units: Seconds Allocation: Value Added

Expression: $41 + 440 * \text{BETA}(1.69, 3.52)$

Report Statistics

OK Cancel Help

Process ? x

Name: Descarregamento Madeira Patio Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, EncarregadoPatio, 1
- Resource, MaqGrua, 1
- Resource, OpMaq, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Expression Units: Seconds Allocation: Value Added

Expression: 71 + ERLA(145, 3)

Report Statistics

OK Cancel Help

Process ? x

Name: DESLOCAMENTO LIMPEZA Type: Standard

Logic

Action: Delay

Delay Type: Triangular Units: Seconds Allocation: Value Added

Minimum: -0.001 Value (Most Likely): 143 Maximum: 308

Report Statistics

OK Cancel Help

Process ? x

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

Resources:

<input type="text" value="Resource, Limpador, 1"/>	<input type="button" value="Add..."/>
<input type="text" value="<End of list>"/>	<input type="button" value="Edit..."/>
	<input type="button" value="Delete"/>

Delay Type: Units: Allocation:

Value (Mean): Std Dev:

Report Statistics

Decide ? x

Name: Type:

Percent True (0-100): %

Process ? x

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

Resources:

<End of list>

Add...
Edit...
Delete

Delay Type: Units: Allocation:

Expression:

Report Statistics

OK Cancel Help

Process ? x

Name: Type:

Logic

Action:

Delay Type: Units: Allocation:

Expression:

Report Statistics

OK Cancel Help

Process ? x

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

Resources:

<End of list>

Add...
Edit...
Delete

Delay Type: Units: Allocation:

Expression:

Report Statistics

OK Cancel Help

Decide ? x

Name: Type:

If:

Value:

OK Cancel Help

Record ? x

Name: Type:

Value: Record into Set

Counter Name:

Record ? x

Name: Type:

Value: Record into Set

Counter Name:

Dispose ? x

Name:

Record Entity Statistics

ANEXO B

PESQUISA DE CAMPO

- 1) Durante o processo ocorrem filas (gargalos) no ciclo de operações?
- 2) Se sim, qual o horário que acredita que mais gera fila no processo?
- 3) Quais fatores externos acredita impactar na chegada dos caminhões?
- 4) Qual a porcentagem de caminhões que seguem para abastecimento?
- 5) Indicaria alguma mudança no sequência das atividades?

ANEXO C

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Seconds

Key Performance Indicators**System**

Number Out

Average

221

Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Seconds

Entity**Time**

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Caminhoes	169.31	8,19	68.0975	258.45	0.00	3636.
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Caminhoes	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Caminhoes	170.07	24,72	10.7089	561.01	0.00	8774.
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Caminhoes	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Caminhoes	8.4406	0,40	3.4095	12.9975	0.00	364.
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Caminhoes	347.82	32,44	82.2159	818.21	0.00	10798.

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Caminhoes	221.35	3,43	176.00	264.00		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Caminhoes	221.35	3,43	176.00	264.00		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Caminhoes	0.8978	0,09	0.1884	2.3107	0.00	22.00

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Abastecimento CTF.Queue	32.0615	8,30	0.00	208.02	0.00	1022.
Descarregamento Madeira Patio.Queue	747.76	109,28	0.00	2892.66	0.00	4872.
Fila da Pesagem de Entrada.Queue	30.5768	5,44	0.00	151.70	0.00	659.
Limpeza Caminhao.Queue	8.5852	2,12	0.00	68.8552	0.00	555.
LOGMETER.Queue	0.05239443	0,05	0.00	1.9300	0.00	44.39
Pesagem Saida.Queue	25.4357	5,27	0.00	148.48	0.00	1118.
Recebimento de Madeira.Queue	996.42	129,04	101.60	2614.16	0.00	5517.

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Abastecimento CTF.Queue	0.00532548	0,00	0.00	0.02889173	0.00	3.00
Descarregamento Madeira Patio.Queue	0.1787	0,03	0.00	0.8520	0.00	11.00
Fila da Pesagem de Entrada.Queue	0.00708006	0,00	0.00	0.03862740	0.00	5.00
Limpeza Caminhao.Queue	0.00198928	0,00	0.00	0.01912644	0.00	2.00
LOGMETER.Queue	0.00001234	0,00	0.00	0.00051378	0.00	1.00
Pesagem Saida.Queue	0.00569308	0,00	0.00	0.03780811	0.00	3.00
Recebimento de Madeira.Queue	0.2431	0,04	0.01530418	0.7783	0.00	13.00

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
EncarregadoPatio	0.1096	0,01	0.02698993	0.1854	0.00	1.00
Limpador	0.04320406	0,00	0.01832821	0.07173760	0.00	1.00
MaqGrua	0.01561027	0,00	0.00450892	0.02549511	0.00	0.20
MaqLogmeter	0.01401287	0,00	0.00698967	0.02192259	0.00	1.00
OpBalanca	0.03417207	0,00	0.01375028	0.06305159	0.00	1.00
OpBomba	0.03439417	0,00	0.00223134	0.08132243	0.00	1.00
OpMaq	0.01561027	0,00	0.00450892	0.02549511	0.00	0.20
RecebedorMadeira	0.0918	0,00	0.04547276	0.1465	0.00	1.00

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
EncarregadoPatio	0.1096	0,01	0.02698993	0.1854	0.00	1.00
Limpador	0.04320406	0,00	0.01832821	0.07173760	0.00	1.00
MaqGrua	0.1096	0,01	0.02698993	0.1854	0.00	1.00
MaqLogmeter	0.01401287	0,00	0.00698967	0.02192259	0.00	1.00
OpBalanca	0.03417207	0,00	0.01375028	0.06305159	0.00	1.00
OpBomba	0.03439417	0,00	0.00223134	0.08132243	0.00	1.00
OpMaq	0.1096	0,01	0.02698993	0.1854	0.00	1.00
RecebedorMadeira	0.0918	0,00	0.04547276	0.1465	0.00	1.00

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
EncarregadoPatio	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.00
Limpador	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.00
MaqGrua	7.3333	0,00	7.3333	7.3333	5.0000	8.00
MaqLogmeter	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.00
OpBalanca	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.00
OpBomba	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.00
OpMaq	7.3333	0,00	7.3333	7.3333	5.0000	8.00
RecebedorMadeira	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.00

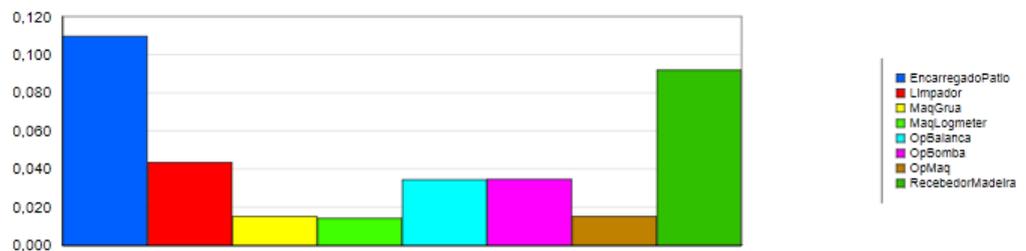
Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Seconds

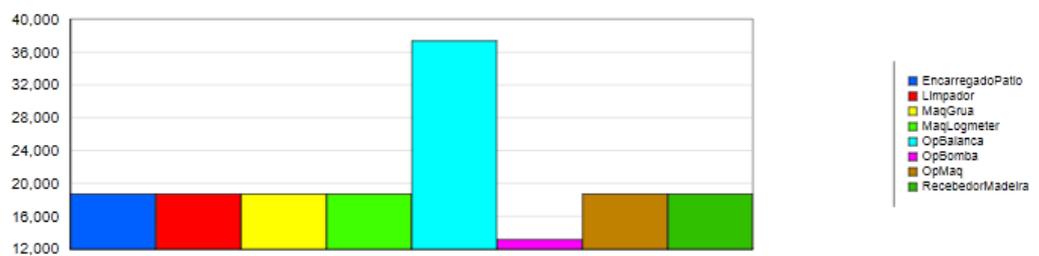
Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
EncarregadoPatio	0.1096	0,01	0.02698993	0.1854
Limpador	0.04320406	0,00	0.01832821	0.07173760
MaqGrua	0.01494991	0,00	0.00368044	0.02527554
MaqLogmeter	0.01401287	0,00	0.00698967	0.02192259
OpBalanca	0.03417207	0,00	0.01375028	0.06305159
OpBomba	0.03439417	0,00	0.00223134	0.08132243
OpMaq	0.01494991	0,00	0.00368044	0.02527554
RecebedorMadeira	0.0918	0,00	0.04547276	0.1465



Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
EncarregadoPatio	18.6800	0,94	8.0000	30.0000
Limpador	18.6800	0,94	8.0000	30.0000
MaqGrua	18.6800	0,94	8.0000	30.0000
MaqLogmeter	18.6800	0,94	8.0000	30.0000
OpBalanca	37.3600	1,89	16.0000	60.0000
OpBomba	13.1500	0,78	5.0000	26.0000
OpMaq	18.6800	0,94	8.0000	30.0000
RecebedorMadeira	18.6800	0,94	8.0000	30.0000



Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Seconds

User Specified**Counter**

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Custo Total	16.5000	10,82	0.00	390.00
Record 3	18.6800	0,94	8.0000	30.0000
Record 5	0.00	0,00	0.00	0.00
Tempo Total Excedido	1047.14	679,61	0.00	24430.00

